

$P4/nmm$) at $x > 0.2$. According to X-ray diffraction the volume of the tetragonal phase increases after annealing at 200 °C. The measurements of the electrical resistivity have revealed that the samples containing PbO-type phase exhibit the phase transition to the superconducting state. The SEM image for $\text{Fe}_7(\text{Se}_{0.7}\text{Te}_{0.3})_8$ sample after annealing at 200 °C for two weeks is shown in Fig.1. The sample demonstrates two phases: the hexagonal $\text{Fe}_7(\text{SeTe})_8$ phase (black regions) and tetragonal $\text{Fe}(\text{SeTe})$ phase (white regions). We found that the volume of tetragonal phase, the critical temperature T_c and the resistivity behavior of the $\text{Fe}_7(\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x)_8$ samples depend on the tellurium content and heat-treatment conditions.

The present work was supported by RFBR (projects No 16-02-00480 and 16-03-00733).

1. Pomjakushina E. et al., Physical Review B 80, 024517(2009).

ФЛУКТУАЦИОННАЯ ТЕОРЕМА И МОДЕЛЬ ЭРЕНФЕСТОВ-КЛЕЙНА

Жерноклеев Г.А.^{*}, Мартюшев Л.М.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: glebster47@mail.ru

FLUCTUATION THEOREM AND THE EHRENFEST-KLEIN URN MODEL

Zhernokleev G.A. ^{*}, Martyushev L.M.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The validity of fluctuation theorem has been studied on the Ehrenfest-Klein urn model. Chemical interpretation of the Ehrenfest-Klein urn model is given. Analytical and computer study of this model allows testing fluctuation theorem in thermodynamic limit and checking equivalence between dissipation function and entropy production.

В последние два десятилетия развитие получила группа теорем, известных под именем флуктуационных. В самом простом виде флуктуационную теорему можно сформулировать следующим образом [1]: положительная диссипация, которая приближает систему к равновесию, экспоненциально более вероятна, чем отрицательная диссипация, отклоняющая систему в сторону большей неравновесности [3]. Ключевой величиной в флуктуационной теореме является диссипативная функция Ω . Зачастую в литературе в качестве диссипативной функции Ω рассматривают термодинамическое производство энтропии Σ . Целью работы являлась проверка правомерности такого отождествления на модели Эренфестов-Клейна по аналогии с тем, как это было сделано ранее для модельной реакции Шлегля [2].

Модель Эренфестов-Клейна была предложена в середине прошлого века М. Клейном [3]. В этой модели на каждом дискретном шаге по времени осуществляется перемещение шаров между двумя ящиками A и B , причем из ящика A выбранный шар переходит с вероятностью p , а из B - с вероятностью q . Модель Эренфестов-Клейна имеет точное аналитическое решение, которое позволяет ввести переходную вероятность $P(n|m;s)$, а также среднее во времени значения $\langle m \rangle$. Первая величина характеризует то, что на шаге s в ящике A будет содержаться $R+m$ шаров, если в начальный момент в нем было $R+n$ шаров, а вторая - среднее число шаров в ящике A на шаге s . При достаточно большом числе шаров или частиц в системе Эренфестов-Клейна ($2R \gg 1$) возможно применить стандартное термодинамическое описание для неравновесных процессов – через термодинамические потоки J и силы X . Рассматриваемой модели может быть дана конкретная физическая интерпретация. В качестве примера была рассмотрена химическая реакция взаимного превращения компонента A в B при постоянной температуре T . В такой интерпретации вероятности p и q есть не что иное, как константы скоростей прямой k_A и обратной реакции k_B соответственно, которые являются постоянными при данной температуре T . Эти константы определяются уравнением Аррениуса. Для рассматриваемой модели можно также достаточно просто ввести выражения для химического сродства, константы равновесия, необратимого и обратимого изменения энтропии.

В таком приближении была осуществлена аналитическая проверка флуктуационной теоремы при условии, что изменение частиц Δm за время Δt много меньше числа частиц в A и B ($X \approx const$). Полученные выражения для производства энтропии и переходных вероятностей модели позволяют записать правую и левую часть флуктуационной теоремы в явном виде и сравнить их. В результате, флуктуационная теорема для модели Эренфестов-Клейна оказывается справедливой при термодинамическом рассмотрении, если вместо диссипативной функции Ω записывать термодинамическое производство энтропии Σ . Модель была реализована в математическом пакете Maple - аналитически и в виде компьютерной симуляции. Результаты аналитической и численной проверки флуктуационной теоремы находятся в согласии друг с другом.

В дальнейшем планируется проверить флуктуационную теорему для случаев, в которых существенной оказывается дискретность модели.

1. Evans D.J., Searles D.J. *Advances in Physics*, 51, 7 (2002).
2. Seleznev V. D., Zhernokleev G.A., Martyushev L.M. *JETP Letters*, 102, 8 (2015).
3. Klein M., *Physical Review*, 103, 17 (1956).